



УДК 621.928.99

## ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫСОТЫ КОНФУЗОРНОГО УЧАСТКА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНЕРЦИОННО- ВАКУУМНОГО ЗОЛОУЛОВИТЕЛЯ

## EFFECT OF THE HEIGHT OF KONFUZOR AREA ON EFFICIENCY DIFFUSER INERTIAL VACUUM ASH COLLECTOR

**Белоглазова Любовь Владимировна**, аспирант каф. «Теплоэнергетика», Омский государственный технический университет, Россия, 644080, г. Омск, проспект Мира, 11. E-mail: teploblv@mail.ru, Тел.: +7(913)640-92-45

**Lyubov V. Beloglazova**, PhD student, Department «Теплоэнергетика», Omsk state technical university, 644080, Mira avenue, 11, Omsk, Russia. E-mail: teploblv@mail.ru. Ph.: +7(913)640-92-45

**Аннотация:** В данной статье рассказывается о принципиально новом виде золоуловителя. Изменение его конструкции приводит к значительным ухудшениям показателя эффективности газоочистного оборудования. Автором исследуется влияние высоты конфузорного участка входного патрубка установки на эффективность инерционно-вакуумного золоуловителя. Результаты и выводы численного эксперимента содержатся в конце статьи. Работа ведется по заданию и при поддержке фонда «Энергия без границ».

**Abstract:** This article describes a fundamentally new type of ash collector. Changes its parameters lead to a significant deterioration in the efficiency of gas-cleaning equipment. The author investigates the influence of the height of the diffuser section inlet on the effectiveness of the inertial-vacuum ash collector. The results of numerical experiments and conclusions are contained in the end of article. The work is conducted on the instructions and with the support of "Energiya bez granits".

**Ключевые слова:** золоулавливание; инновация; инерционно-вакуумный золоуловитель; запыленный поток; эффективность.

**Key words:** ash collecting; ash collector; inertial-vacuum ash collector; laden flow; efficiency.

ИВЗ (инерционно-вакуумный золоуловитель) [1] – это новый вид газоочистного оборудования, который близок по своей конфигурации к циклону, но при этом по принципу своей работы кардинально отличается от него. ИВЗ оснащён дополнительными конфузорными и диффузорными участками, рассекателем и кольцами (которые принято далее называть «сомбреро») (рис. 1).

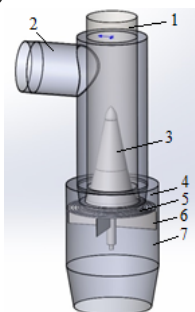


Рис. 1. Инерционно-вакуумный пылеуловитель. 1 – входной патрубок, 2 – выходной патрубок, 3 – рассекающий элемент «уши», 4 – кольца, 5 – крестовина, 6 – бункер для золы.

Одним из принципиальных отличий от центробежного циклона, применяемого на промышленных станциях, является направление потока газов (рис. 2).

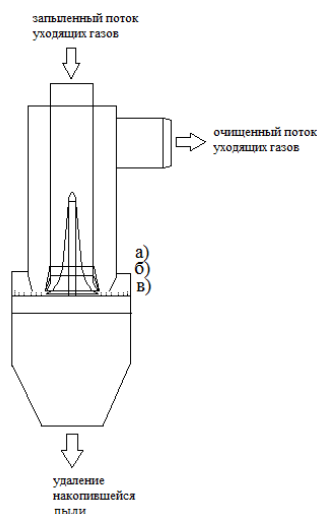


Рис. 2. Направление движения уходящих газов в ИВЗ.

При проведении расчетов была выбрана k-модель турбулентности [2,3].

При описании процесса течения использовались классические уравнения гидрогазодинамики.

Уравнение неразрывности:

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho \omega)}{\partial z} = 0, \quad (1)$$

Уравнения движения:

$$\begin{aligned} \rho u \frac{\partial u}{\partial x} + \rho v \frac{\partial u}{\partial y} + \rho \omega \frac{\partial u}{\partial z} &= -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \mu_z \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \mu_z \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \mu_z \frac{\partial u}{\partial z} \right), \\ \rho u \frac{\partial v}{\partial x} + \rho v \frac{\partial v}{\partial y} + \rho \omega \frac{\partial v}{\partial z} &= -\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \mu_z \frac{\partial v}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \mu_z \frac{\partial v}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \mu_z \frac{\partial v}{\partial z} \right), \\ \rho u \frac{\partial \omega}{\partial x} + \rho v \frac{\partial \omega}{\partial y} + \rho \omega \frac{\partial \omega}{\partial z} &= -\frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \mu_z \frac{\partial \omega}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \mu_z \frac{\partial \omega}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \mu_z \frac{\partial \omega}{\partial z} \right), \end{aligned} \quad (2)$$

Уравнения k- $\epsilon$  модели:

$$\begin{aligned} \rho u \frac{\partial k}{\partial x} + \rho v \frac{\partial k}{\partial y} + \rho \omega \frac{\partial k}{\partial z} &= \frac{\partial}{\partial x} \left( \mu_k \frac{\partial k}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \mu_k \frac{\partial k}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \mu_k \frac{\partial k}{\partial z} \right) + \mu_k D - \rho \epsilon, \\ \rho u \frac{\partial \epsilon}{\partial x} + \rho v \frac{\partial \epsilon}{\partial y} + \rho \omega \frac{\partial \epsilon}{\partial z} &= \frac{\partial}{\partial x} \left( \mu_\epsilon \frac{\partial \epsilon}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \mu_\epsilon \frac{\partial \epsilon}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \mu_\epsilon \frac{\partial \epsilon}{\partial z} \right) + C_{1\epsilon} \mu_k \frac{\epsilon}{k} D - C_{2\epsilon} \rho \frac{\epsilon^2}{k}, \end{aligned} \quad (3)$$

Уравнение для эффективной и суммарной вязкости:

$$\mu_\epsilon = \mu + \mu_t, \quad \mu_t = C_\mu \rho \frac{k^2}{\epsilon}, \quad (4)$$

В численном эксперименте использовалось уравнение, которым описывается движение частиц. Влияние частиц на поток будет минимальным из условия, что поток является слабозапыленным (70 мг/м<sup>3</sup> на 150000 м<sup>3</sup>/ч расхода уходящих газов)[4]. Силы, влияющие на частицу, описаны ниже.

Уравнение движения частицы было получено Бассетом, Буссинеском и Озееном:

$$m_p \frac{dU_p}{dt} = F_D + F_B + F_R + F_{VM} + F_{BA} \quad (5)$$

Физический смысл сил, находящихся по правую сторону уравнения.

$F_D$  – сила сопротивления, действующая на частицу.

$F_B$  – выталкивающая сила земного притяжения.

$F_R$  – силы, возникающие за счет вращения потока (центробежная и сила Кориолиса).

$F_{VM}$  – виртуальная (или добавочная) массовая сила. Это усилие, необходимое для того чтобы ускорить виртуальную массу жидкости в объеме, занимаемом частицами. Этот термин имеет важное значение в том случае, когда смещенная масса жидкости превышает массу частиц, например, в движении пузырьков. В данном

случае равна нулю.

$F_{BA}$  – сила Бассета или расчет той ее части, на долю которой приходится ее отклонение в структуре потока от стационарного состояния частицы. Этот термин не применяется в CFX. Равна нулю в данном расчете.

Граничные условия приняты: на входе – давление в 100000 Па, давление на выходе в 99000 Па[3]. При расчете были учтены силы земного тяготения, а также учитывалось слабое влияние частиц на движение потока, частицы диаметром от 3 мкм – 40 мкм[5].

Результаты расчетов приведены на рис. 3.

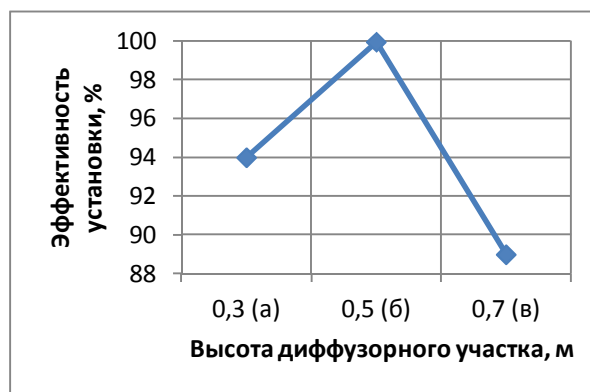


Рис. 3. Графическое представление зависимости эффективности установки от изменения высоты конфузорного участка.

Из проведенных экспериментов можно сделать вывод о том, что конфузорный участок необходимо выполнять определенной высоты (0,3 м). При высоте участка равном 0,7 м, поток набирает скорость равную 52 м/с, что близко к скорости в 60 м/с, при которой происходит качественное улавливание. Но, из рис. 4 видно, что скорость в 52 м/с поток развивает уже после разворота, а особенность сепарации заключается в достижении скорости равной 60 м/с на узком участке перед поворотом на выходной патрубке.

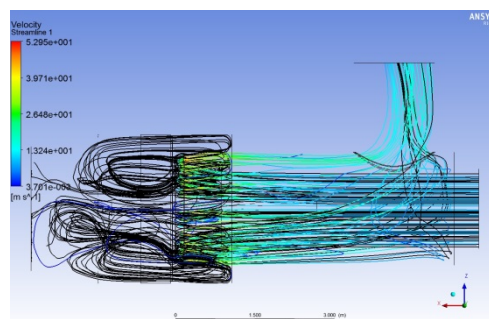


Рис. 4. ИВЗ с конфузорным участком в 0,7 м.

На рис. 5 можно отметить скорость в 47 м/с, она такова перед поворотом, однако, ее недостаточно для качественной очистки газа.

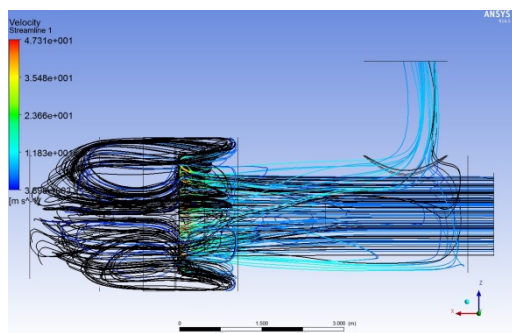


Рис. 5. ИВЗ с конфузормым участком в 0,3 м.

На рис. 6 вариант высоты в 0,5 м, эффективность этой установки соответствует нормам СанПиН.

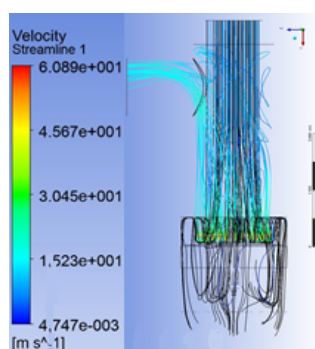


Рис. 6. ИВЗ с конфузормым участком в 0,5 м.

Далее, после проведения ряда численных экспериментов [6,7,8], желательно проведение натурного эксперимента, чтобы подтвердить и уточнить ряд закономерностей, выявленных путем компьютерного моделирования.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пат. 93298 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> В 01 D 45/06. Инерционно-вакуумный пылеуловитель / Белоглазов В.П. ; заявитель и патентообладатель

ООО «Вихрь». – № 2009144229/22; заявл. 30.11.09; опубл. 27.04.10, Бюл. №12 – 6 с.

2. Прандтль, Л. Гидроаэромеханика / Л. Прандтль ; пер. с нем. Г. А. Вольберта – Ижевск : НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2000. – 576 с.

3. Белоглазов В. П., Комаров М. В., Мозжегоров А. С., Петрищев А. А, Рафальский И. В. Влияние скорости дисперсного потока в конфузормом сечении инерционно-вакуумного пылеуловителя на степень улавливания частиц // Проблемы, перспективы и стратегические инициативы развития теплоэнергетического комплекса: матер. Междунар. науч.-практ. Конф. 10 июня 2011 г. / Под ред. В. В. Шалая, А. С. Ненишева, А. Г. Михайлова, Т. В. Новиковой. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2011. – 92-95 с.

4. Вараксин, А. Ю. Турбулентные течения газа с твердыми частицами / А. Ю. Вараксин – М. : Физматлит, 2003. – 192 с.

5. Белоглазов, В. П. Влияние входной скорости в инерционно-вакуумном золоуловителе на степень улавливания золы Экибастузского угля / В. П. Белоглазов, Л. В. Белоглазова // Омский научный вестник. – 2014. – №3 (133). – С. 183-197.

6. Белоглазов, В. П. Геометрические вариации реальной ИВЗУ / В. П. Белоглазов, Л. В. Белоглазова // Омский научный вестник. – 2015. – №1 (137). – С. 128-131.

7. Белоглазов В. П., Влияние осесимметричности «сомбреро» на степень эффективности улавливания инерционно-вакуумного золоуловителя / В. П. Белоглазов [и др.] // Омский научный вестник. – 2015. – №3 (143). – С. 230-232.

8. Белоглазов, В. П. Влияние элементов геометрии ИВЗ на эффективность улавливания золы / В. П. Белоглазов, Л. В. Белоглазова // Вестник науки и образования. – 2015. – №7 (9). – С. 5-9.